


# Radio communications base station parameter setting method

Patent number: DE19639414  
 Publication date: 1998-04-02  
 Inventor: RADEMACHER LEO DR ING (DE)  
 Applicant: SIEMENS AG (DE)  
 Classification:  
 - international: **H04B7/08**; H03H21/00; **H04B7/08**; H03H21/00; (IPC1-7): H04Q7/20; H03H11/00; H04B7/005; H04B7/26; H04B17/00; H04Q7/30  
 - european: H04B7/08C4J1  
 Application number: DE19961039414 19960925  
 Priority number(s): DE19961039414 19960925

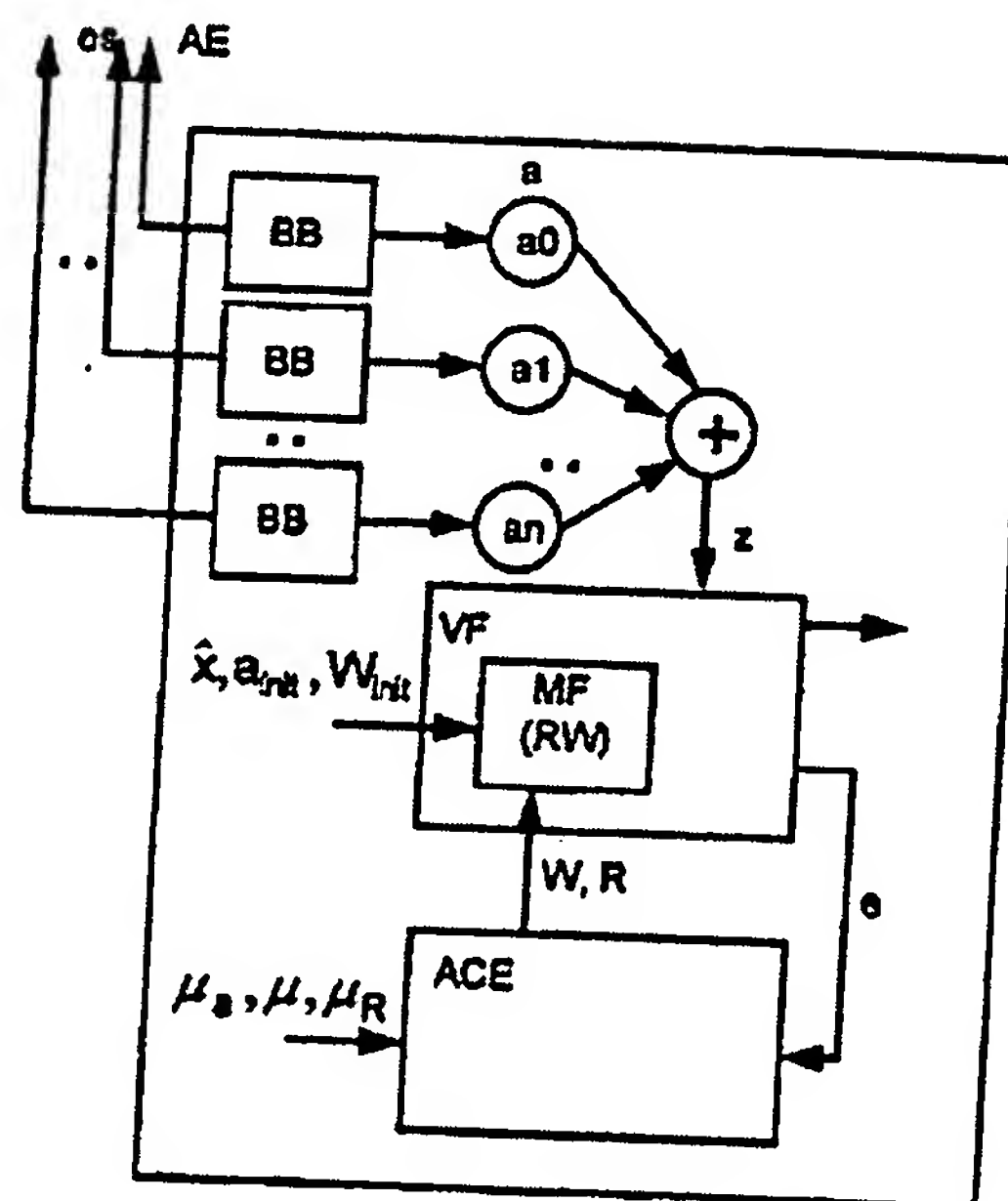
Also published as:

 CN11 79686 (C)

Report a data error here

## Abstract of DE19639414

The parameter setting method evaluates the reception signals provided by at least two adaptive antenna devices (AE). The combined reception data (z) is then compared with reference data (y) to provide error values (e) that are then fed to a channel estimator (ACE). The channel estimator simultaneously determines the antenna coefficients (a) and the channel (RW) coefficients for minimising the error values, using optimisation criteria. Pref. the channel coefficients has a combined offset value (R) and the individual channel coefficients have an individual offset value (W).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



D1

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 39 414 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 196 39 414.7  
㉑ Anmeldetag: 25. 9. 96  
㉒ Offenlegungstag: 2. 4. 98

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 04 Q 7/20**  
H 04 Q 7/30  
H 03 H 11/00  
H 04 B 7/005  
H 04 B 17/00  
H 04 B 7/28

DE 196 39 414 A 1

㉗ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

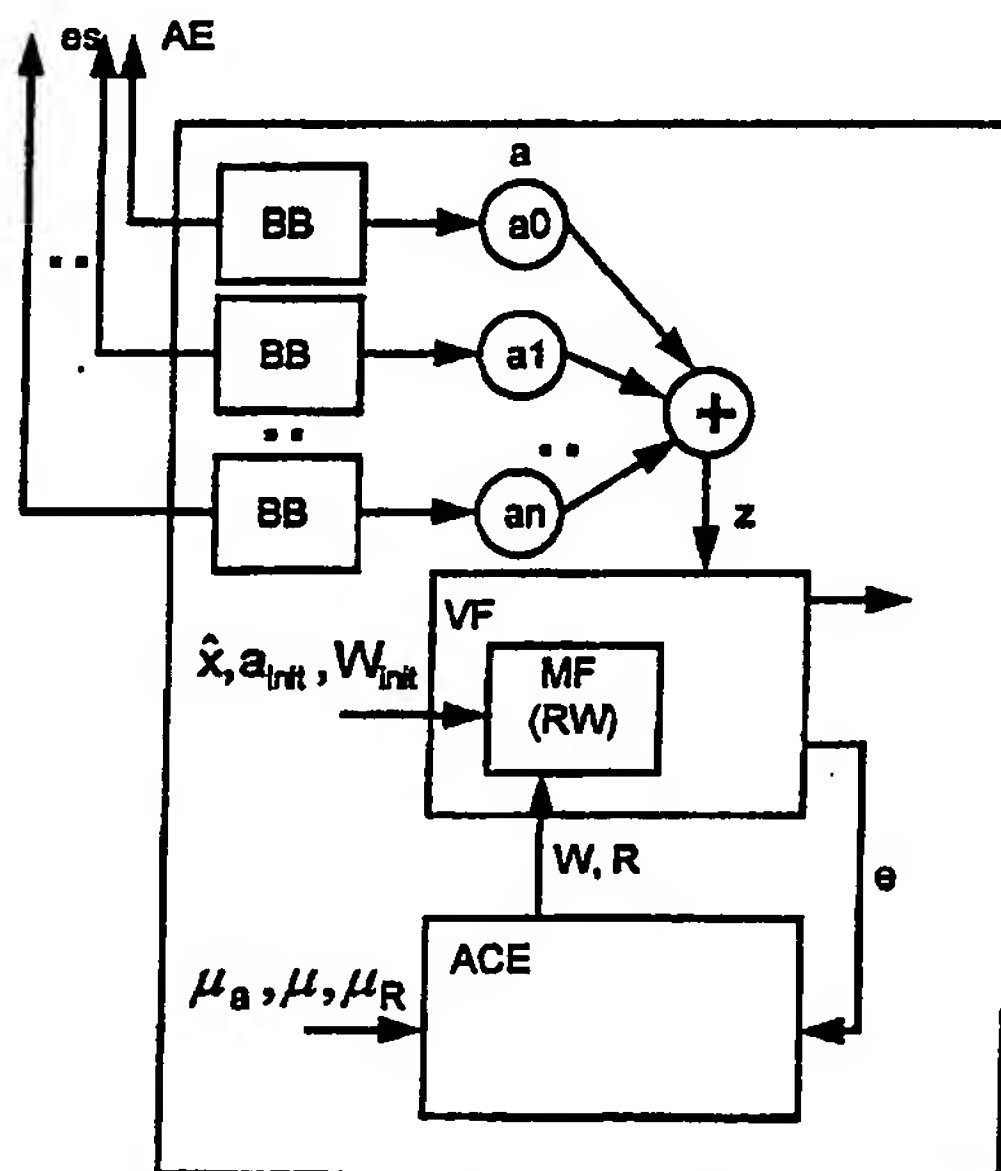
㉘ Erfinder:  
Rademacher, Leo, Dr.-Ing., 83607 Holzkirchen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 1 98 05 374 A1  
EP 07 35 702 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Parametrisierung einer Empfangsstation mit adaptiven Antenneneinrichtungen und adaptives Filter für zeitveränderliche Kanäle

⑤⑦ Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Parametrisierung einer Empfangsstation mit adaptiven Antenneneinrichtungen werden in einem Entzerrer aus dem Vergleich von Empfangsdaten und diese Empfangsdaten modellierenden Vergleichsdaten Fehlergrößen ermittelt. Diese Fehlergrößen werden einem Kanalschätzer zugeführt, der die Fehlergrößen minimierende Kanalkoeffizienten und Antennenkoeffizienten gemeinsam bestimmt. Die Kanalkoeffizienten setzen sich dabei vorteilhafterweise aus einer Verknüpfung zumindest eines für mehrere Kanalkoeffizienten gemeinsamen, eine Korrelation der Kanalkoeffizienten beschreibenden Offset-Werts und für die einzelnen Kanalkoeffizienten individueller Individual-Werte zusammen. Es ist eine schnelle Anpassung der Kanalkoeffizienten und Antennenkoeffizienten nach gemeinsamen Optimierungskriterien möglich. Die Erfindung verbessert die Signaldetektion insbesondere bei schnell veränderlichen Kanälen in Mobilfunksystemen.



DE 196 39 414 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 98 802 014/228

14/27

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Parametrisierung einer Empfangsstation und ein adaptives Filter für zeitveränderliche Kanäle, sowie eine Basisstation für ein Mobil-Kommunikationssystem mit einem solchen adaptiven Filter. Eine Parametrisierung ist dabei das Bestimmen von Parametern, die z. B. als Antennen- und Kanalkoeffizienten die Signaldetektion der Empfangsstation beeinflussen.

Zeitveränderliche Kanäle sind Kanäle über die Informationen übertragen werden, wobei sich die Übertragungsbedingungen zeitabhängig verändern. Solche zeitveränderlichen Kanäle sind aus Mobil-Kommunikationssystemen bekannt.

Mobil-Kommunikationssysteme ermöglichen den Aufbau von Kommunikationsverbindungen zu mobilen Teilnehmern, indem Informationen über eine Funkschnittstelle übertragen werden. Sind mehrere Teilnehmer auf der gleichen Trägerfrequenz dieser Funkschnittstelle durch unterschiedliche Zeitlagen getrennt, liegt ein Zeitmultiplex-Mobil-Kommunikationssystem vor. Das Zeitmultiplexverfahren wird auch TDMA (Time Division Multiple Access)-Verfahren genannt. Ein bekanntes Mobil-Kommunikationssystem ist beispielsweise das GSM (Global System for Mobile Communications)-Mobilfunksystem.

Zusätzlich zum Zeitmultiplex können auf der Funkschnittstelle auch weitere Verfahren zum Separieren der Teilnehmer angewendet werden. Beim GSM-Mobilfunksystem wird zusätzlich ein Frequenzmultiplex angeboten.

In einer typischen Einsatzumgebung eines Mobil-Kommunikationssystems, z. B. eines GSM-Mobilfunksystems, unterliegen die übertragenen Informationen auf der Funkschnittstelle unterschiedlichen Störungen. Die von einer Sendestation gesendeten Informationen erreichen eine Empfangsstation über verschiedene Ausbreitungswege, so daß sich bei der Empfangsstation die Signalkomponenten verschiedener Ausbreitungswege überlagern. Zudem können Abschattungen die Übertragung von Informationen von der Sendestation zur Empfangsstation erheblich behindern. Auch Störer im Frequenzband der Funkschnittstelle führen zu einer Beeinträchtigung der Qualität der empfangenen Signale.

Weiterhin ist zu beachten, daß Interferenzen zwischen einzelnen übertragenen Symbolen und eine Abweichung von der idealen Trägerfrequenz (Frequenz-Offset) zu zusätzlichen Schwierigkeiten bei der Detektion der Symbole im Empfänger der Empfangsstation führen.

In der empfangenden Funkstation besteht nun das Problem, die empfangenen Signale zu entzerren, die Fehler zu korrigieren und die übertragene Information zu dekodieren. Einer langsamen Verschlechterung des Empfangs durch Abschattungen oder Überlagerungen kann man mit einer automatischen Verstärkungskontrolle entgegenwirken, während man den Auswirkungen der Mehrwegeausbreitung und der Intersymbolinterferenzen bekannterweise mit einem Viterbi-Entzerrer begegnet.

Um die Interferenzen zu reduzieren kann einer Funkstation eine Antenneneinrichtung zugeordnet sein, die wie bekannt aus R.Roy, T.Kailath, "Esprit — Estimation of Signal Parameters Via Rotational Invariance Techniques", IEEE Transactions on acoustics, speech and signal processing, Vol. 37, No. 7, Juli 1989, S. 984—995, eine aus mehreren Antennenelementen bestehende intelligente

(adaptive) Antenneneinrichtung ist. Die Funkstation enthält weiterhin eine Empfangseinrichtung, die die Auswertung der Empfangssignale vornimmt. Zur Auswertung der Empfangssignale werden innerhalb der Empfangseinrichtung Parameter bestimmt. Diese Parameter sind z. B. Antennenkoeffizienten, die die einzelnen Empfangssignale der Antennenelemente einer intelligenten Antenneneinrichtung bewerten, und aus W.Koch, "Optimum and sub-optimum detection of coded data disturbed by time-varying intersymbol interference", IEEE Proceedings 1990, S. 1679—84 bekannte Kanalkoeffizienten. Diese in einem Kanalmodell verwendeten Kanalkoeffizienten dienen dazu, die verschiedenen nacheinander eintreffenden Signalkomponenten eines Empfangssignals geeignet zu überlagern.

Es ist weiterhin bekannt, die aus den Empfangssignalen durch Übertragung ins Basisband und Analog/Digitalwandlung gewonnenen Empfangsdaten, sowie die Kanalkoeffizienten einem Detektor zuzuführen, der die Antennendaten entzerrt und die Fehlerkorrektur vornimmt. Die im Ausgang des Detektors rekonstruierten Symbole der Signale werden daraufhin in einem Dekoder, z. B. einem Viterbi-Dekoder, dekodiert.

Aus der deutschen Patentanmeldung 196 04 7722 ist es bekannt, die Trainingssequenz mit bekannten Symbolen zu verwenden, um das Kanalmodell des Funkkanals für einen gesamten übertragenen Block schätzen. Bei diesem Verfahren werden zusätzlich die Antennenkoeffizienten für eine adaptive Antenne aus den bekannten Symbolen der Trainingssequenz berechnet. Die Kanalkoeffizienten und Antennenkoeffizienten werden einmal für jeden übertragenen Block berechnet. Bei schnellen zeitlichen Änderungen des Funkkanals ist diese Berechnung jedoch unzureichend.

Weiterhin ist es von Mobilstationen bekannt, Abweichungen der Trägerfrequenz, z. B. durch eine Dopplerverschiebung, durch ein Verfahren zur Trägerrückgewinnung (carrier recovery) zu verringern. Dieses Verfahren ist jedoch bei Basisstationen sehr aufwendig, da es für jeden Teilnehmer, d. h. jeden durch die Trägerfrequenz und den Zeitschlitz charakterisierten Funkkanal, getrennt durchgeführt werden muß.

Schnellen Veränderungen des Funkkanals kann durch diese Methoden nur unzulänglich entgegengewirkt werden, zumal eine schnelle Veränderung der geschätzten Kanalkoeffizienten zu Stabilitätsproblemen bei der Detektion der übertragenen Symbole führt. Bleibt jedoch eine starke Dopplerverschiebung unbeachtet, so führt dies zu einer Verschlechterung der Qualität beim Detektieren der Symbole.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Parametrisierung einer Empfangsstation, ein adaptives Filter für zeitveränderliche Kanäle und eine Basisstation anzugeben, die diese Nachteile vermeiden. Die Aufgabe wird durch das Verfahren nach den Merkmalen des Patentanspruchs 1, das adaptive Filter nach den Merkmalen des Patentanspruchs 9 und die Basisstation nach den Merkmalen des Patentanspruchs 18 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Parametrisierung einer Empfangsstation mit adaptiven Antenneneinrichtungen werden über zeitveränderliche Kanäle übertragene Empfangssignale zumindest von zwei adaptiven Antenneneinrichtungen mit Antennenkoeffizienten bewertet und zu Empfangsdaten verknüpft. In einer Einrichtung zum Ermitteln von Fehlergrößen werden aus dem Vergleich der Empfangsdaten und diese



Empfangsdaten modellierenden Vergleichsdaten Fehlergrößen ermittelt. Diese Fehlergrößen werden einem Kanalschätzer zugeführt, der die Fehlergrößen minimierende Kanalkoeffizienten und Antennenkoeffizienten gleichzeitig bestimmt. Die Kanalkoeffizienten sind zur Modellierung der Vergleichsdaten vorgesehen. Die Kanalkoeffizienten und die Antennenkoeffizienten sind Parameter der Empfangsstation, die zur Bewertung und Auswertung der Empfangssignale verwendet werden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, schnelle Kanaländerungen, ggf. durch Adaptation der Kanalkoeffizienten und der Antennenkoeffizienten nach jedem Abtastwert, auszugleichen. Durch die gleichzeitige Bestimmung der Parameter wird im Gegensatz zu einer suboptimalen Schätzung, die entweder auf die Kanalkoeffizienten oder die Antennenkoeffizienten optimiert ist, eine bestmögliche Parametrisierung der Empfangsstation für die Signaldetektion erreicht.

Die Kanalschätzung dient dem Modellieren eines Funkkanals eines Mobil-Kommunikationssystems oder eines andere Signale übertragenden zeitveränderlichen Kanals. Sind die übertragenen Informationen selbst auszuwerten, dann sind die geschätzten Kanalkoeffizienten für die Detektion der auszuwertenden Empfangsdaten vorgesehen. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung sind für eine Entzerrung und Detektion zumindest Teile des adaptiven Filters in einem Entzerrer integriert.

Die Kanalkoeffizienten setzen sich gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung aus einer Verknüpfung zumindest eines für mehrere Kanalkoeffizienten gemeinsamen, eine Korrelation der Kanalkoeffizienten beschreibenden Offset-Werts und für die einzelnen Kanalkoeffizienten individueller Individual-Werte zusammen. Beide Werte können gegebenenfalls getrennt und nach unterschiedlichen Vorschriften bestimmt werden. Der Offset-Wert beschreibt einen den Kanalkoeffizienten gemeinsamen Modellparameter, der z. B. zum Ausgleich des Frequenz-Offsets verwendet werden kann. Insbesondere werden Stabilitätsprobleme bei der Adaptation durch eine getrennte Schätzung von Offset-Wert und Individual-Werten verringert.

Das durch das Verfahren beschriebene adaptive Filter ist besonders geeignet bei schnellen Veränderungen des Kanals, z. B. hohen Geschwindigkeiten der mobilen Teilnehmer (bei Anwendungen für mobile Teilnehmer mit Eisenbahngeschwindigkeiten) und bei höheren Frequenzen, wie z. B. beim PCN/DCS 1800 oder PCS/DCS 1900 Mobilfunksystemen, die durch eine Dopplerverschiebung hervorgerufenen Übertragungsfehler bei der Informationsübertragung zu verringern.

Die Bestimmung der Kanalkoeffizienten und der Antennenkoeffizienten wird vorteilhafterweise unter einer Nebenbedingung durchgeführt, die einen Antennenkoeffizienten oder eine Beziehung der Kanalkoeffizienten untereinander festlegt. Beispielsweise wird ein Antennenkoeffizient auf den Wert "1" festgelegt, so daß eine Normierung der übrigen Antennenkoeffizienten auf diesen Wert erfolgt. Es kann jedoch auch als Nebenbedingung verlangt werden, daß die Summe der Quadrate der Individual-Werte oder Kanalkoeffizienten gleich dem Wert "1" ist.

Die Parametrisierung wird vorteilhafterweise während der Auswertung eines Blocks von in der Empfangsstation unbekannten Empfangsdaten durchgeführt. Damit ist ein adaptiven Nachregeln der Empfangsstation für den zeitveränderlichen Kanal durch eine fortwährende Parametrisierung während der Auswertung mög-

lich.

Die Verknüpfung von Offset-Wert und Individual-Werten ist vorteilhafterweise jeweils multiplikativ, wodurch sich eine einfache Berechnungsvorschrift für die Kanalkoeffizienten ergibt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Bestimmung der Koeffizienten nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate durchgeführt. Diese Methode wird ggf. um sogenannte Leakage-Faktoren erweitert. Zum Bestimmen der Kanalkoeffizienten nach Methode der kleinsten Fehlerquadrate stehen Algorithmen zur Verfügung, die besonders einfach in das Verfahren zu implementieren sind. Die Einführung von als Leakage-Faktoren bekannten Korrekturfaktoren gewährleistet weiterhin eine erhöhte Stabilität.

Bei einer iterativen Bestimmung der Koeffizienten sind die Adaptionsschrittweiten vorteilhafterweise einstellbar, um unter verschiedenen Abarbeitungsmodi für die Kanalschätzung und Antennenparametrisierung wählen zu können. Sind die Adaptionsschrittweiten für die einzelnen Koeffizienten getrennt einstellbar, dann kann darüberhinaus durch gezielte Beeinflussung einzelner Koeffizienten, z. B. Ausschalten der Anpassung, eine Beschleunigung der Schätzung erreicht werden.

Das adaptive Filter ist vorteilhafterweise in einer Empfangsstation eines Mobil-Kommunikationssystems implementiert und verbessert dort die Kanalschätzung für einen Funkkanal.

Enthält eine Basisstation für ein Mobil-Kommunikationssystem ein solches adaptives Filter, dann kann mit einer blockweisen Auswertung der Empfangsdaten für jeden Funkkanal und einer wiederholten Bestimmung der Kanalkoeffizienten und der Antennenkoeffizienten während der Auswertung der einzelnen Blöcke die Detektion der übertragenen Symbole besonders bei schnell veränderlichen Funkkanälen verbessert werden.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Basisstation wird bei einer Detektion der Empfangssignale durch eine Bestimmung der Kanalkoeffizienten und der Antennenkoeffizienten für jeden einzelnen möglichen Zustand die Detektion weiter verbessert, da eine Entscheidung über die übertragenen Symbole erst nach vollständiger Abarbeitung aller Symbole einer Sequenz, z. B. eines halben oder ganzen Funkblocks, erfolgt und keine Entscheidungspfade vorzeitig ausgeschlossen werden.

Die Erfindung soll im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert werden.

Dabei zeigen

Fig. 1 ein Mobil-Kommunikationssystem,

Fig. 2 ein zelluläres Mobilfunksystem mit einer Basisstation,

Fig. 3 eine Basisstation mit adaptiven Antenneneinrichtungen,

Fig. 4 ein Blockschaltbild eines Empfängers einer Basisstation,

Fig. 5 ein Blockschaltbild eines adaptiven Filters,

Fig. 6 ein Blockschaltbild eines Kanalmodells, und

Fig. 7 eine vereinfachte Darstellung eines Viterbi-Entzerrers.

Das in Fig. 1 dargestellte Mobil-Kommunikationssystem ist ein bekanntes GSM-Mobilfunksystem, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN herstellen. Weiterhin sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden. Jeder

Basisstationskontroller BSC ermöglicht wiederum eine Verbindung zu zumindest einer Basisstation BS, in dem er die Basisstation BS und die Verbindung zu dieser Basisstation BS steuert.

Eine solche Basisstation BS ist eine Funkstation, die über eine Funkschnittstelle eine Nachrichtenverbindung zu Mobilstationen aufbauen kann. In Fig. 1 ist beispielsweise eine solche Funkverbindung zu einer Mobilstation MS dargestellt. Die Funkschnittstelle zwischen Basisstation BS und Mobilstation MS ist nach dem Zeitmultiplexverfahren und eventuell zusätzlich nach dem Frequenzmultiplexverfahren organisiert. Auf einer Trägerfrequenz werden so beispielsweise 8 Zeilagen bereitgestellt, die für verschiedene Kommunikationsverbindungen und zur Organisation der Funkschnittstelle genutzt werden können.

Die Kommunikationsverbindung zwischen einer Basisstation BS und einer Mobilstation MS unterliegt einer Mehrwegeausbreitung, die durch Reflexionen und Beugungen, beispielsweise an Gebäuden oder Bepflanzungen, zusätzlich zum direkten Ausbreitungsweg hervorgerufen werden. Geht man von einer Bewegung der Mobilstation MS aus, dann ist der Einfluß der Reflexionen, Beugungen und zusätzlichen Störungen, wie z. B. einer Dopplerverschiebung der Empfangssignale, zeitabhängig.

Betrachtet man nun exemplarisch die Nachrichtenübertragung von einer Mobilstation MS zu einer Basisstation BS, dann treffen die verschiedenen Signalkomponenten zeitveränderlich bei der empfangenen Basisstation BS ein und überlagern sich dort. Dabei kann es zu Auslöschungserscheinungen kommen, die die Kommunikationsverbindung gefährden.

Fig. 2 zeigt ein zelluläres Mobilfunksystem, wobei etwa im Mittelpunkt einer Zelle eine Basisstation BS angeordnet ist, die eine richtungsabhängige Abstrahlungscharakteristik aufweist. Störer I, die nicht aus der Richtung der für eine Kommunikationsverbindung adaptiv eingestellten Abstrahlungsrichtung einstrahlen, haben nur einen geringeren Einfluß auf die Übertragungsqualität.

Durch diese adaptive Richtungseinstellung der Antenneneinrichtung AE, siehe Fig. 3 durch Auswahl einer Antenneneinrichtung AE oder von Antennenelementen einer Antenneneinrichtung AE, einer Basisstation BS eines zellulären Mobilfunksystems ist es möglich, die abgestrahlte und empfangene Störleistung zu verringern, sowie die gleiche Trägerfrequenz einer Basisstation BS für verschiedene durch ihre Richtung in Bezug auf die Basisstation BS unterscheidbare Mobilstationen MS zu nutzen. Durch die Unterteilung einer Funkzelle in mehrere schmale Sektoren, läßt sich die Signalqualität dadurch verbessern, daß an der Basisstation Gleichkanalstörungen nur in einem kleinen Winkelbereich empfangen werden. Ferner wird auch von der Basisstation weniger Interferenz für andere Kommunikationsverbindungen verbreitet, da das Sendesignal nicht in alle Richtungen, sondern gezielt, gesendet wird.

Dem in Fig. 4 dargestellten beispielhaften Empfänger werden Empfangssignale es zugeführt, die durch Antenneneinrichtungen AE empfangen werden. In Einheiten zur Basisbandumsetzung BB werden die Empfangssignale es verarbeitet und ins Basisband umgesetzt. Die Empfangssignale es werden durch Antennenkoeffizienten  $a$  ( $a_0$  bis  $a_n$ ) bewertet und anschließend zu Empfangsdaten  $z$  aufsummiert.

Die empfangenen Symbole  $z$  werden daraufhin einem Viterbi-Entzerrer VF, siehe Fig. 7, zugeführt. Dieser Vi-

terbi-Entzerrer entspricht einem aus J.G. Proakis, "Digital Communications", McGraw-Hill, New York, 1995, S. 649—656 bekannten Entzerrer (Equalizer), jedoch wird für jeden Abtastwert (übertragene Symbol  $z$ ) und für jeden Zustand eine Berechnung von Referenzwerten zur Schätzung der Antennenkoeffizienten  $a$  und Kanalkoeffizienten  $RW$  und zur Detektion durchgeführt. Der Begriff Schätzung verdeutlicht, daß es sich erfindungsgemäß nicht um eine exakte Berechnung handelt, sondern die Bestimmung der Koeffizienten  $a$ ,  $RW$  nur annähernd ist.

Damit wird auch ein adaptives Filter mit Kanalkoeffizienten  $RW$ , die in einem Kanalschätzer ACE (Channel Estimator) bestimmt werden, realisiert. Die Kanalkoeffizienten  $RW$  werden zur Modellierung des Funkkanals in einem Kanalmodell MF benötigt. Die Kanalkoeffizienten  $RW$  ergeben sich aus einer multiplikativen Verknüpfung von einem Offset-Wert  $R$  und für die einzelnen Kanalkoeffizienten  $RW$  individuellen Individualwerten  $W$ . Als Ausgangsgrößen für eine adaptive Bestimmung der Kanalkoeffizienten  $RW$  während eines Funkblocks werden die Individual-Werten  $W$  mit Anfangswerten  $W_{init}$  belegt, die während einer Trainingssequenz aus dem Vergleich der empfangenen Symbole  $z$  mit den im Empfänger bekannten Trainingssymbolen  $\hat{x}$  bestimmt werden. Mit Hilfe der Trainingssequenz werden auch die Anfangswerte  $a_{init}$  für die Antennenkoeffizienten  $a$  bestimmt. Dies geschieht beispielsweise entsprechend der deutschen Patentanmeldung 196 04 7722.

Alternativ können die Anfangswerte  $W_{init}$  und  $a_{init}$  mit beliebigen Startwerten (z. B. "1") belegt werden. Auch der Offset-Wert  $R$  wird bei einer Initialisierung mit einem Wert ungleich "0" vorgegeben, z. B. mit "1".

Das Kanalmodell MF mit den Kanalkoeffizienten  $RW$  und die übertragenen und vom Viterbi-Entzerrer VF ausgewerteten Symbole  $z$  bilden die Grundlage für die Signaldetektion.

Entsprechend dem Viterbi-Detektor nach Fig. 7 liegt der akkumulierte Entscheidungspfad nach einer Entzerrung im Signal  $M_{accu}$  vor. Da es sich gemäß Fig. 7 um eine digitale Signalverarbeitung handelt, sind für jeden Zustand zwei Übergänge möglich. Für jeden möglichen Endzustand  $e_0$  bis  $e_{15}$  wird eine Fehlergröße  $e_0$  bis  $e_{15}$  ermittelt, die die Abweichung des empfangenen Symbols  $z$  (Empfangsdaten) zu dem für jeden Zustand individuellen Referenzdatum (Vergleichsdaten)  $y$  angibt.

Im Kanalschätzer ACE wird zur Bestimmung der Kanalkoeffizienten  $RW$  und Antennenkoeffizienten  $a$  ein adaptiver Algorithmus, z. B. nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate, z. B. dem LMS- (least mean squares) oder RLS-Algorithmus (recursive least squares), angewandt. Weitere Einzelheiten zu solchen Algorithmen finden sich in J.G. Proakis, "Digital Communications", McGraw-Hill, New York, 1995, S. 636—649. Der Kanalschätzer ACE wertet dazu im Viterbi-Entzerrer bestimmte Fehlergrößen  $e$  aus, die sich aus dem Vergleich von empfangenen Symbolen  $z$  und diese Empfangsdaten  $z$  modellierenden Vergleichsdaten  $y$  während der Entzerrung ergeben. Im iterativen Algorithmus zu wählende Adaptationsschrittweiten  $\mu_R$  für die Kanalkoeffizienten  $RW$  und  $\mu_a$  für die Antennenkoeffizienten  $a$  werden dem Kanalschätzer ACE vorgegeben.

Das Zusammenwirken von Kanalschätzung, Entzerrung und adaptiver Antenneneinstellung soll anhand von Fig. 5 verdeutlicht werden. Dabei wird die Zeitabhängigkeit der Größen nicht gezeigt. Die Fehlergrößen  $e$  haben die Dimension der bei der Signaldetektion zu berücksichtigenden Zustände entsprechend dem Viter-



bi-Algorithmus, ebenso sogenannte Soft-Decision-Werte SD über die Wahrscheinlichkeit der Übergänge und Zustände während der Detektion. Die Vektoren der Kanalkoeffizienten  $RW$ ,  $R$ ,  $W$  und der Antennenkoeffizienten  $a$  haben ebenfalls die Dimension der Zustände, beispielsweise  $16 = 2^4$ , und mit Ausnahme der Offset-Werte  $R$  zusätzlich die Dimension der Anzahl der Kanalkoeffizienten  $RW$  bzw. Antennenkoeffizienten  $a$ , beispielsweise  $5$  (somit  $16 \times 5$ ). Die Anfangswerte für die Kanalkoeffizienten  $RW$  sind eindimensional und haben die Dimension  $5$ .

Im Kanalmodell MF werden Referenzdaten (Vergleichsdaten)  $y$  jeweils für ein Bit "0" und "1" und für jeden Zustand erzeugt, indem ein Symbolvektor  $\vec{x}$ , der den Übergang von einem alten zu einem neuen zu betrachtenden Zustand charakterisiert, verarbeitet wird. Die Verarbeitung geschieht nach Fig. 6, durch entsprechende Verzögerung und Gewichtung der Symbole durch die Individual-Werte  $W_0$  bis  $W_4$  und eine Multiplikation der aufsummierten Signalkomponenten mit dem Offset-Wert  $R$ .

Die Referenzdaten  $y$  werden von dem Empfangsdaten  $z$  in einer Einrichtung zum Ermitteln von Fehlergrößen  $e$ , z. B. einem Addierer, subtrahiert, wobei die Fehlergrößen  $e$  das Ergebnis der Subtraktion bilden. Die Fehlergrößen  $e$  werden sowohl der Signaldetektion im Detektor DEC, als auch dem Kanalschätzer ACE zugeführt. Die im Detektor DEC (unter Verwendung des Viterbi-Algorithmus) ebenfalls bestimmten Soft-Decision-Werte SD werden in einem Pfadspeicher gespeichert und dem Kanalschätzer ACE zur weiteren Auswertung zur Verfügung gestellt. Sie dienen beispielsweise dazu, die Adaptationsgeschwindigkeit anhand der Wahrscheinlichkeit der entschiedenen Symbole zu verändern. Bei unsicherer Entscheidungsgrundlage wird zumindest eine Adaptationsschrittweite  $\mu_a, \mu_w, \mu_R$  verringert.

Der Kanalschätzer ACE, der zusätzlich zu einem herkömmlichen Kanalschätzer auch die Antennenadaptation vornimmt, aktualisiert die Kanalkoeffizienten  $RW$  und Antennenkoeffizienten  $a$  für jeden Koeffizienten und jeden Zustand basierend auf den Fehlergrößen  $e$  und dem zuletzt entschiedenen Symbol  $x$  für den entsprechenden Zustand. Die Initialisierung der Koeffizienten  $RW$ ,  $a$  erfolgt durch eine Auswertung der Trainingssequenz mit Hilfe eines Prozessors, der für die Individual-Werte  $W$  Anfangswerte  $W_{init}$  und Anfangswerte  $a_{init}$  für die Antennenkoeffizienten  $a$  berechnet. Diese Anfangswerte  $W_{init}$ ,  $a_{init}$  und  $R$  werden blockweise berechnet, da aufeinanderfolgende Funkblöcke unterschiedlichen Kommunikationsverbindungen zugeordnet sind.

Entsprechend dem Ausführungsbeispiel wird keine vorgezogene Entscheidung für jedes übertragene Symbol getroffen, vielmehr wird für jeden möglichen Pfad eine Schätzung der Kanalkoeffizienten  $RW$  und der Antennenkoeffizienten  $a$  durchgeführt. Ein Verschieben der Entscheidung über einen Zustand führt zu einer Verbesserung der Detektionsentscheidung, doch kommt es zu Stabilitätsproblemen bei der Entscheidung. Die minimale Verzögerung wird durch die Anzahl der Kanalkoeffizienten  $RW$  vermindert um 1, im Beispiel  $4 = 5 - 1$ , festgelegt. Die erfindungsgemäße Parametrisierung kann jedoch auch bei adaptiven Filtern, die eine vorgezogene Entscheidung treffen, angewandt werden.

Beim Einsatz von fünf Kanalkoeffizienten  $RW$  im Kanalmodell MF enthält auch der Symbolvektor  $\vec{x}$  fünf

Symbole, so daß sich 32 mögliche Übergänge und 16 Zustände ergeben. Die vier neuesten Symbole (Bits bei einer digitalen Auswertung) beschreiben den neuen Zustand der Dekodierung. Für alle 16 Zustände werden die vier neuesten Symbole in den Symbolvektor  $\vec{x}$  entsprechend dem jeweiligen Zustand eingegeben. Das älteste Symbol ist das für diesen Zustand wahrscheinlichste, entschiedene Symbol. Die Entscheidungsverzögerung beträgt nur ein Symbol, da der Symbolvektor  $\vec{x}$  sofort nach der Auswahl eines von zwei möglichen Symbolen eines Zustandes wieder gefüllt werden kann. Die getroffene Entscheidung bildet die Grundlage für die Referenzdaten  $y$ , die für die darauffolgende Entscheidung benötigt werden.

Der adaptive Algorithmus zur Schätzung der Kanalkoeffizienten  $RW$  und der Antennenkoeffizienten  $a$ , der die Empfangsstation für die Signaldetektion fortlaufend parametrisiert, wird für jeden der 16 Zustände angewandt und basiert auf der Methode der sogenannten "leaky" kleinsten Fehlerquadrate (leaky LMS). Bei der Rekursion werden die Zustände wie im bekannten Viterbi-Algorithmus adressiert.

Der Kanalschätzer ACE erhöht den vorherigen Schätzwert um einen Wert, der durch die Fehlergröße  $e$ , den Symbolvektor  $\vec{x}$  und die Adaptationsschrittweiten  $\mu_a, \mu_w, \mu_R$  bestimmt wird. Beim Schätzen der Kanalkoeffizienten  $RW$  wird jedoch unterschieden in einen Offset-Wert  $R$ , der multipliziert mit den Individual-Werten  $W$  für jeden Koeffizienten mathematisch einen Rotator für die Kanalkoeffizienten  $RW$  darstellt, welcher die durch eine Dopplerverschiebung hervorgerufene Rotation der Empfangsdaten  $z$  ausgleicht. Der Offset-Wert  $R$  wird zweckmäßigerweise zu Beginn einer Adaptation auf den Wert "1" gesetzt.

Die Leakage-Faktoren ergeben sich aus nach dem Festlegen von Konstanten, den sogenannte Cost Function Weights  $\alpha, \beta, \rho$  gemäß der Herleitung des LMS-Algorithmus nach dem Prinzip des steilsten Anstieg zu:

$$\begin{aligned} L_a &= 1 - \alpha \mu_a, \\ L_w &= 1 - \beta \mu_w \text{ für } |W|^2 \geq 1, \\ L_w &= 1 + \beta \mu_w \text{ für } |W|^2 < 1, \\ L_R &= 1 + \rho \mu_R \text{ für } |R|^2 \geq 1, \\ L_R &= 1 + \rho \mu_R \text{ für } |R|^2 < 1, \end{aligned}$$

so daß mit  $t$  als Index für den Abtastwert und  $*$  für konjugiert komplexe Werte:

$$\begin{aligned} a_t &= L_a \cdot a_{t-1} + \mu_a \cdot e_{t-1} s_{t-1}^* \vec{y}_{t-1}^* \\ W_t &= L_w \cdot W_{t-1} + \mu \cdot e_{t-1} R_{t-1}^* \vec{x}_{t-1}^*, \text{ und} \\ R_t &= L_R \cdot R_{t-1} + \mu_R \cdot e_{t-1} W_{t-1}^* \vec{x}_{t-1}^* \end{aligned}$$

die Ausgangsgleichungen für eine rekursive Bestimmung der Kanalkoeffizienten  $RW$  und der Antennenkoeffizienten  $a$  darstellen (hierbei ist vorausgesetzt, daß zu jedem Zeitpunkt zunächst die Adaptation, dann die Entzerrung erfolgt).

Die Fehlergrößen  $e$  ergeben sich dabei aus

$$e = es \cdot a - RW \cdot x,$$

mit  $es$  für die durch die Antennenkoeffizienten  $a$  zu bewertenden Empfangssignale  $es$ .

Zusätzlich wird zu den die Ausgangsgleichungen für die rekursive Bestimmung der Kanalkoeffizienten  $RW$  und der Antennenkoeffizienten  $a$  eine Nebenbedingung eingeführt:

$$\sum W^2 = 1,$$

so daß die Summe der Quadrate der Individual-Werte  $W$  gleich 1 ist. Diese Nebenbedingung führt dazu, daß der Leakage-Faktor  $L_w$  durch  $2 \cdot L_w$  ersetzt wird, falls  $|W^2|$  kleiner eins ist.

Wird ein zusätzlicher Term eingeführt, der gewährleisten soll, daß der Betrag des Offset-Werts  $R$  rund 1 bleibt, dann wird in den Adaptationsgleichungen der Leakage-Faktoren  $L_R$  durch  $2 \cdot L_R$  ersetzt, falls  $|R|$  kleiner eins ist.

Die individuell einstellbaren Adaptationsschrittweiten  $\mu_a, \mu, \mu_R$  bestimmen die Schnelligkeit, mit der die Antennenkoeffizienten  $a$  und die Kanalkoeffizienten  $RW$  in ihren Komponenten angepaßt werden können. Die Leakage-Faktoren  $L_R, L_a$  und  $L_w$  können bei schneller Adaptation ausgeschaltet werden, jedoch auf Kosten einer verringerten Stabilität der Rekursion.

Verschiedene Modi sind über die Adaptationsschrittweiten  $\mu_a, \mu, \mu_R$  einstellbar:

$$\mu_a = 0, \mu = 0, \mu_R = 0:$$

Der Entzerrer und die Antenneneinrichtung funktionieren nichtadaptiv, da die Kanalkoeffizienten  $RW$  und die Antennenkoeffizienten  $a$  innerhalb eines Funkblocks nicht aktualisiert werden.

$$\mu_a = 0, \mu = 2^{-5} \dots 2^{-3}, \mu_R = 0:$$

Die Antennenkoeffizienten  $a$  bleiben für einen Funkblock unverändert. Der Entzerrer ist adaptiv, jedoch führt eine schnelle Adaptation zu einer Rauschverstärkung. Ist die Schrittweite multipliziert mit der Anzahl der Kanalkoeffizienten  $RW$  größer als 1, dann können Instabilitäten auftreten.

$$\mu_a = 0, \mu = 2^{-5} \dots 2^{-3}, \mu_R = 2^{-3} \dots 2^{-1}:$$

Die Antennenkoeffizienten  $a$  bleiben für einen Funkblock unverändert. Der Entzerrer ist adaptiv und verwendet gleichzeitig den Offset-Wert  $R$ , wodurch es möglich ist, die individuelle Schrittweite  $\mu$  für die einzelnen Koeffizienten zu reduzieren. Damit wird die Rauschverstärkung verringert und die Stabilität erhöht. Werden die Schrittweiten  $\mu, \mu_R$  vergrößert, dann steigt die Adaptationsgeschwindigkeit.

$$\mu_a = 2^{-5}, \mu = 0, \mu_R = 0$$

Der Entzerrer ist nicht adaptiv. Die Antennenkoeffizienten  $a$  werden jedoch während der Auswertung eines Funkblocks angepaßt.

$$\mu_a = 2^{-5} \dots 2^{-3}, \mu = 2^{-6} \dots 2^{-4}, \mu_R = 2^{-3} \dots 2^{-1}$$

Mit unterschiedlichen Adaptationsgeschwindigkeiten wird damit ein adaptiver Entzerrer und eine adaptive Antenneneinrichtung, die auch schnelle Anpassungen während eines Funkblocks vornehmen, realisiert. Ist die Schrittweite multipliziert mit der Anzahl der Kanal- und Antennenkoeffizienten  $RW, a$  größer als 1, dann können Instabilitäten auftreten.

Es ist ebenso möglich, die Adaptation einzelner oder aller Kanalkoeffizienten  $RW$  auszuschalten, um die verbleibenden Kanalkoeffizienten  $RW$  schneller anpassen zu können. Die Einstellung der Schrittweiten  $\mu_a, \mu, \mu_R$  kann beispielsweise durch ein Kontrollzentrum (Opera-

tion and Maintenance Center) gesteuert werden.

Die erfindungsgemäße Empfangsstation zeigt eine verbesserte Unterdrückung von Störsignalen, die durch die Kombination von räumlicher Filterung und Berücksichtigung von Laufzeitunterschieden der Signalkomponenten in einem einzigen Algorithmus erreicht wird. Die Anzahl der zueinander zumindest teilweise dekorrelierten Empfangssignale  $es$ , also z. B. die Anzahl der Antennenelemente, spielt eine Rolle bei der Wirksamkeit des erfindungsgemäßen adaptiven Filters bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Je mehr unabhängige Signale vorliegen, um so besser können diese aufgearbeitet werden. Als Mindestbedingungen sind dabei zumindest zwei teilweise dekorrelierte Empfangssignale  $es$  vorzusehen, es kann jedoch auch jede höhere Zahl von Empfangssignalen  $es$  verwendet werden. Bei einer Anzahl von Signalen  $es$ , die den zu unterdrückenden Störkomponenten multipliziert mit der Anzahl der Kanalkoeffizienten  $RW$  und addiert mit 1 entspricht, kann eine vollständige Unterdrückung der Störkomponenten erzielt werden.

Werden separate Antennen mit unterschiedlichen Abstrahlungsdiagrammen verwendet, müssen diese nicht weiter durch die Empfangseinrichtung gesteuert werden. Wird nur eine Antenne verwendet, verringert sich der hierfür aufgebrachte Aufwand. Die Erzeugung unterschiedlicher Abstrahlungsdiagramme in Bezug auf ein auszuwertetes Informationselement in den Empfangssignalen bedarf jedoch einer zusätzlichen elektronischen Steuerung.

Weiterhin ist es vorteilhaft, die berechneten Antennenkoeffizienten  $a$  nicht nur zum Empfang, sondern auch beim Senden innerhalb der gleichen Kommunikationsverbindung, für die zwischen sendender und empfangender reziproke Ausbreitungsverhältnisse vorherrschen, einzusetzen. Durch diese Maßnahme ist es möglich, eine räumliche Selektivität des Abstrahlungsdiagrammes in Senderichtung zu erzielen. Durch die Maßnahme können ungewünschte Interferenzen vermieden und eine höhere Kapazität des gesamten Funksystems erreicht werden. Falls Sende- und Empfangsfrequenz voneinander abweichen, ist eine Transformation der Antennenkoeffizienten  $a$  vorzunehmen, so daß das Antennendiagramm in Senderichtung dem in Empfangsrichtung entspricht.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Parametrisierung einer Empfangsstation (BS) mit adaptiven Antenneneinrichtungen (AE) zum Empfangen von Empfangssignalen ( $es$ ) über zeitveränderliche Kanäle, bei dem

- die Empfangssignale ( $es$ ) zumindest von zwei adaptiven Antenneneinrichtungen (AE) mit Antennenkoeffizienten ( $a$ ) bewertet und zu Empfangsdaten ( $z$ ) verknüpft werden,
- in einer Einrichtung zum Ermitteln von Fehlergrößen ( $e$ ) aus dem Vergleich von Empfangsdaten ( $z$ ) und diese Empfangsdaten ( $z$ ) modellierenden Vergleichsdaten ( $y$ ) Fehlergrößen ( $e$ ) ermittelt werden,
- wobei Kanalkoeffizienten ( $RW$ ) zur Modellierung der Vergleichsdaten ( $y$ ) vorgesehen sind,
- diese Fehlergrößen ( $e$ ) einem Kanalschätzer (ACE) zugeführt werden,
- der Kanalschätzer (ACE) die Fehlergrößen ( $e$ ) minimierende Kanalkoeffizienten ( $RW$ )

- und Antennenkoeffizienten (a) gemeinsam bestimmt, und  
 — die Kanalkoeffizienten (RW) für eine Detektion der aus zuwertenden Empfangsdaten (z) vorgesehen sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem sich die Kanalkoeffizienten (RW) aus einer Verknüpfung zumindest eines für mehrere Kanalkoeffizienten (RW) gemeinsamen, eine Korrelation der Kanalkoeffizienten (RW) beschreibenden Offset-Werts (R) und für die einzelnen Kanalkoeffizienten (RW) individueller Individual-Werte (W) zusammensetzen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Offset-Wert (R) und die Individual-Werte (W) jeweils multiplikativ verknüpft werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem die Bestimmung der Kanalkoeffizienten (RW) und der Antennenkoeffizienten (a) unter einer Nebenbedingung durchgeführt wird, die einen Antennenkoeffizienten (a) oder eine Beziehung der Kanalkoeffizienten (RW) untereinander festlegt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Parametrisierung während der Auswertung eines Blocks von in der Empfangsstation (BS) unbekannten Empfangsdaten (z) durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem bei einer iterativen Bestimmung der Kanalkoeffizienten (RW) und Antennenkoeffizienten (a) Adaptionsschrittweiten ( $\mu, \mu_a, \mu_R$ ) einstellbar sind.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Adaptionsschrittweiten ( $\mu, \mu_a, \mu_R$ ) für die einzelnen Koeffizienten (RW, a) getrennt einstellbar sind.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Kanalkoeffizienten (RW) und die Antennenkoeffizienten (a) für jeden einzelnen möglichen Zustand bei einer Detektion der Empfangsdaten (z) bestimmt werden.
9. Adaptives Filter für eine Empfangsstation (BS) mit adaptiven Antenneneinrichtungen (AE) zum Empfangen von Empfangssignalen (es) über zeitveränderliche Kanäle, mit  
 — einer Einrichtung zum Bewerten der Empfangssignale (es) von zumindest zwei Antenneneinrichtungen (AE) mit Antennenkoeffizienten (a) und zum Verknüpfen der Empfangssignale (es) zu Empfangsdaten (z),  
 — einer Einrichtung zum Ermitteln von Fehlergrößen (e) aus dem Vergleich von Empfangsdaten (z) und diese Empfangsdaten (z) modellierenden Vergleichsdaten (y),  
 — wobei Kanalkoeffizienten (RW) zur Modellierung der Vergleichsdaten (y) vorgesehen sind,  
 — einem Kanalschätzer (ACE) zum gemeinsamen Bestimmen von die Fehlergrößen (e) minimierenden Kanalkoeffizienten (RW) und Antennenkoeffizienten (a), dem diese Fehlergrößen (e) zugeführt werden, wobei  
 — die Kanalkoeffizienten (RW) für eine Detektion der auszuwertenden Empfangsdaten (z) vorgesehen sind.
10. Adaptives Filter nach Anspruch 9, bei dem sich die Kanalkoeffizienten (RW) aus einer Verknüpfung zumindest eines für mehrere Kanalkoeffizienten (RW) gemeinsamen, eine Korrelation der Kanalkoeffizienten (RW) beschreibenden Offset-

- Werts (R) und für die einzelnen Kanalkoeffizienten (RW) individueller Individual-Werte (W) zusammensetzen.
11. Adaptives Filter nach Anspruch 10, mit multiplikativer Verknüpfung des Offset-Werts (R) und der Individual-Werte (W).
12. Adaptives Filter nach einem der Ansprüche 10 oder 11, mit einer Bestimmung der Kanalkoeffizienten (RW) und der Antennenkoeffizienten (a) unter einer einen Antennenkoeffizienten (a) oder eine Beziehung der Kanalkoeffizienten (RW) untereinander festlegenden Nebenbedingung.
13. Adaptives Filter nach einem der Ansprüche 9 bis 12, mit einer Parametrisierung der Empfangsstation (BS) während der Auswertung eines Blocks von in der Empfangsstation (BS) unbekannten Empfangsdaten (z).
14. Adaptives Filter nach einem der Ansprüche 9 bis 13, mit einer iterativen Bestimmung der Kanalkoeffizienten (RW) und Antennenkoeffizienten (a), deren Adaptionsschrittweiten ( $\mu, \mu_a, \mu_R$ ) einstellbar sind.
15. Adaptives Filter nach Anspruch 14, mit für die einzelnen Koeffizienten (RW, a) getrennt einstellbaren Adaptionsschrittweiten ( $\mu, \mu_a, \mu_R$ ).
16. Adaptives Filter nach einem der Ansprüche 9 bis 15, mit einer Bestimmung der Kanalkoeffizienten (RW) und der Antennenkoeffizienten (a) für jeden einzelnen möglichen Zustand bei einer Detektion der Empfangsdaten (z).
17. Adaptives Filter für die Auswertung von Funkkanälen eines Mobil-Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 9 bis 16, bei dem das adaptive Filter einer Empfangsstation (BS) des Mobil-Kommunikationssystems zugeordnet ist.
18. Basisstation für ein Mobil-Kommunikationssystem mit einem adaptiven Filter nach einem der Ansprüche 9 bis 17, mit blockweiser Auswertung der Empfangsdaten (z) für jeden Funkkanal und wiederholter Bestimmung der Kanalkoeffizienten (RW) während der Auswertung der einzelnen Blöcke.

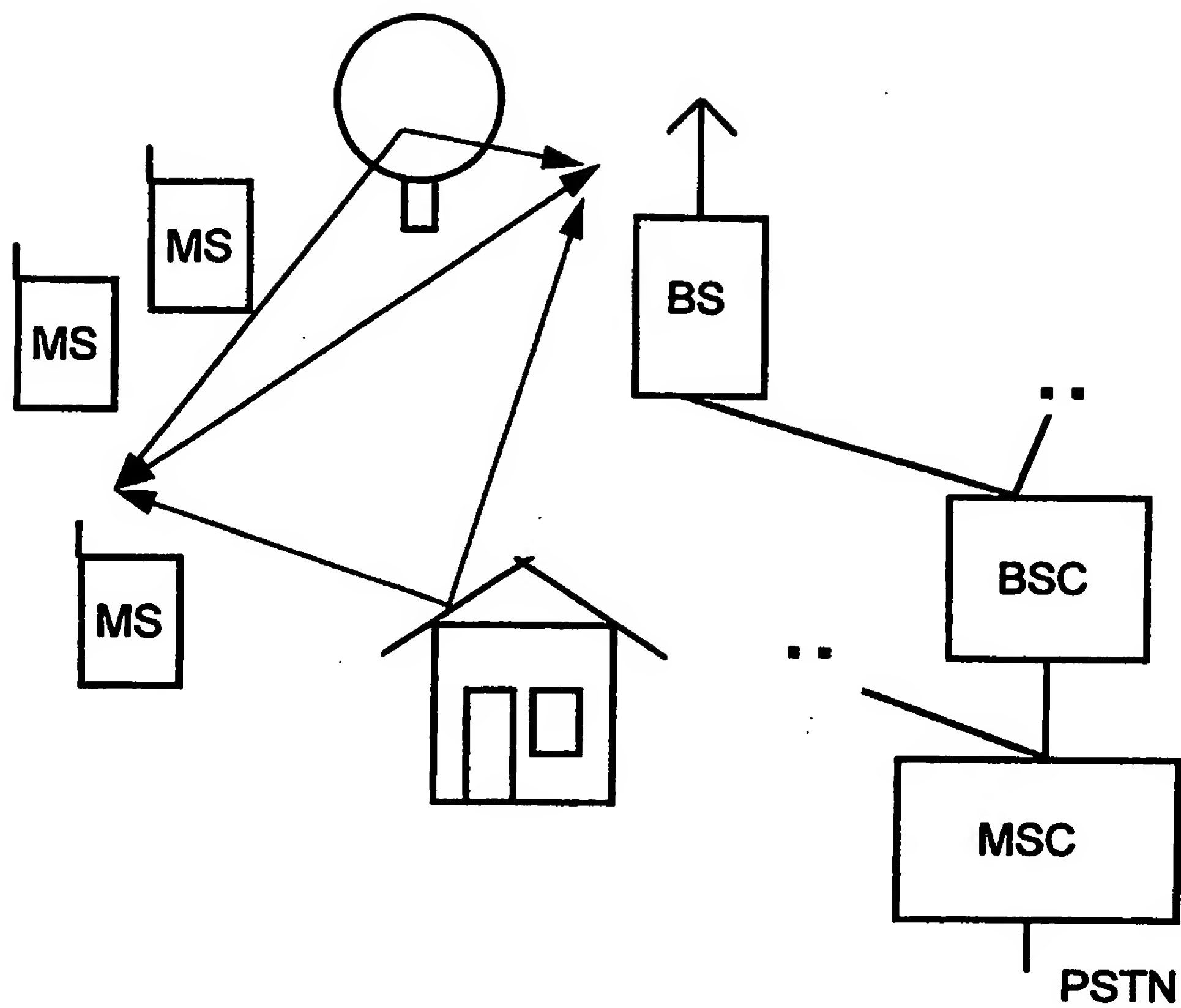
---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---



Fig.1



(Stand der Technik)

Fig.2

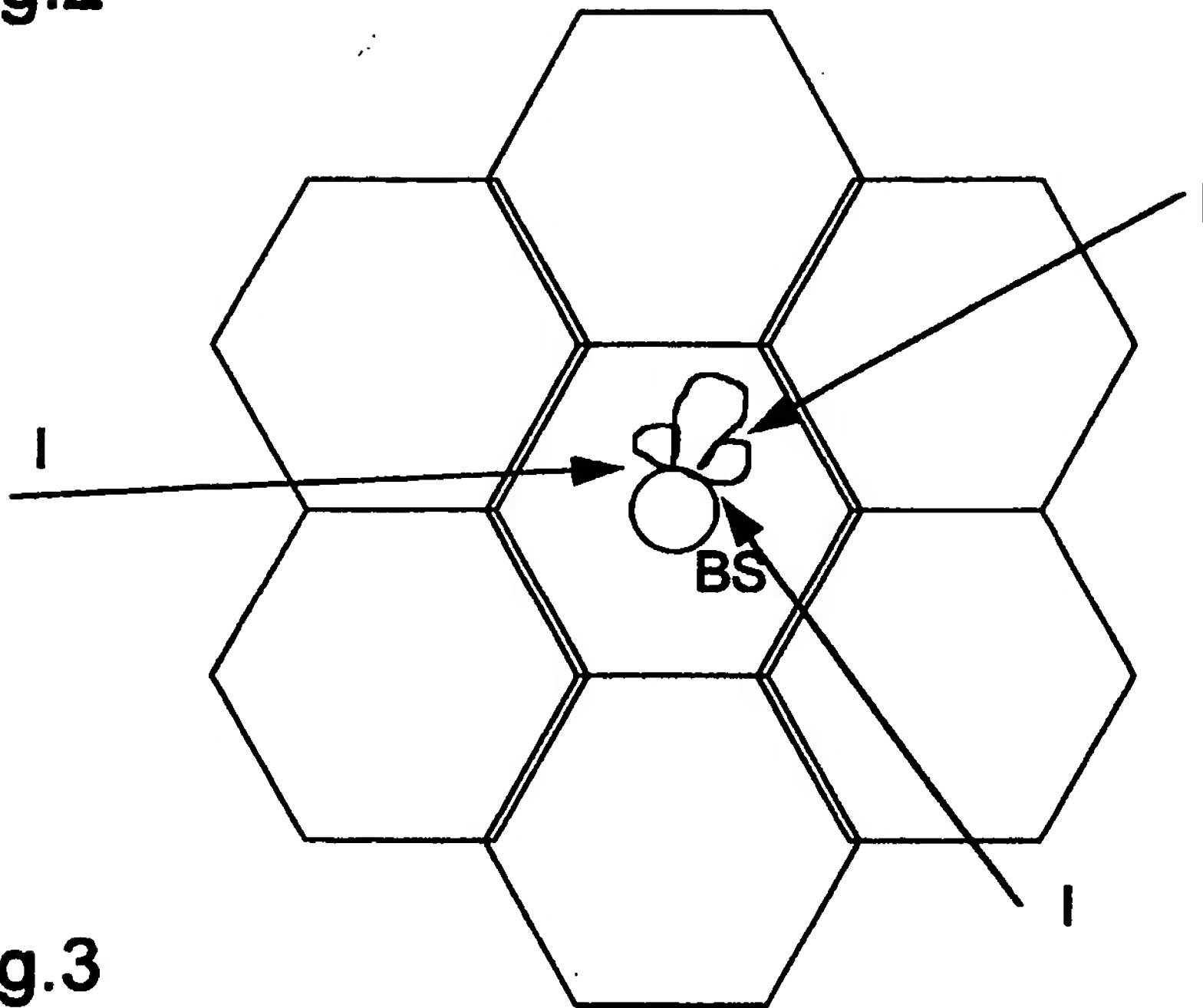


Fig.3

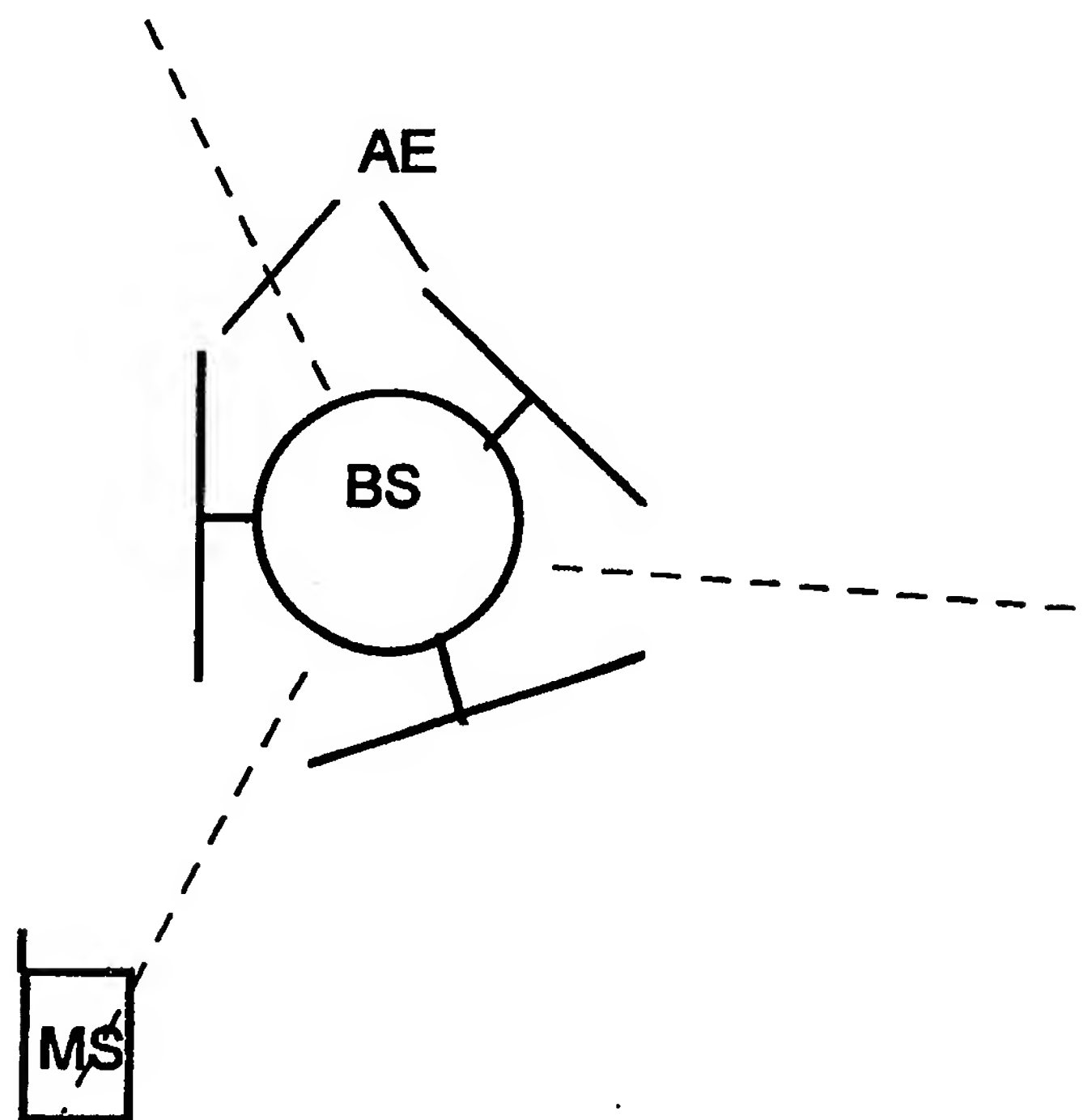


Fig.4

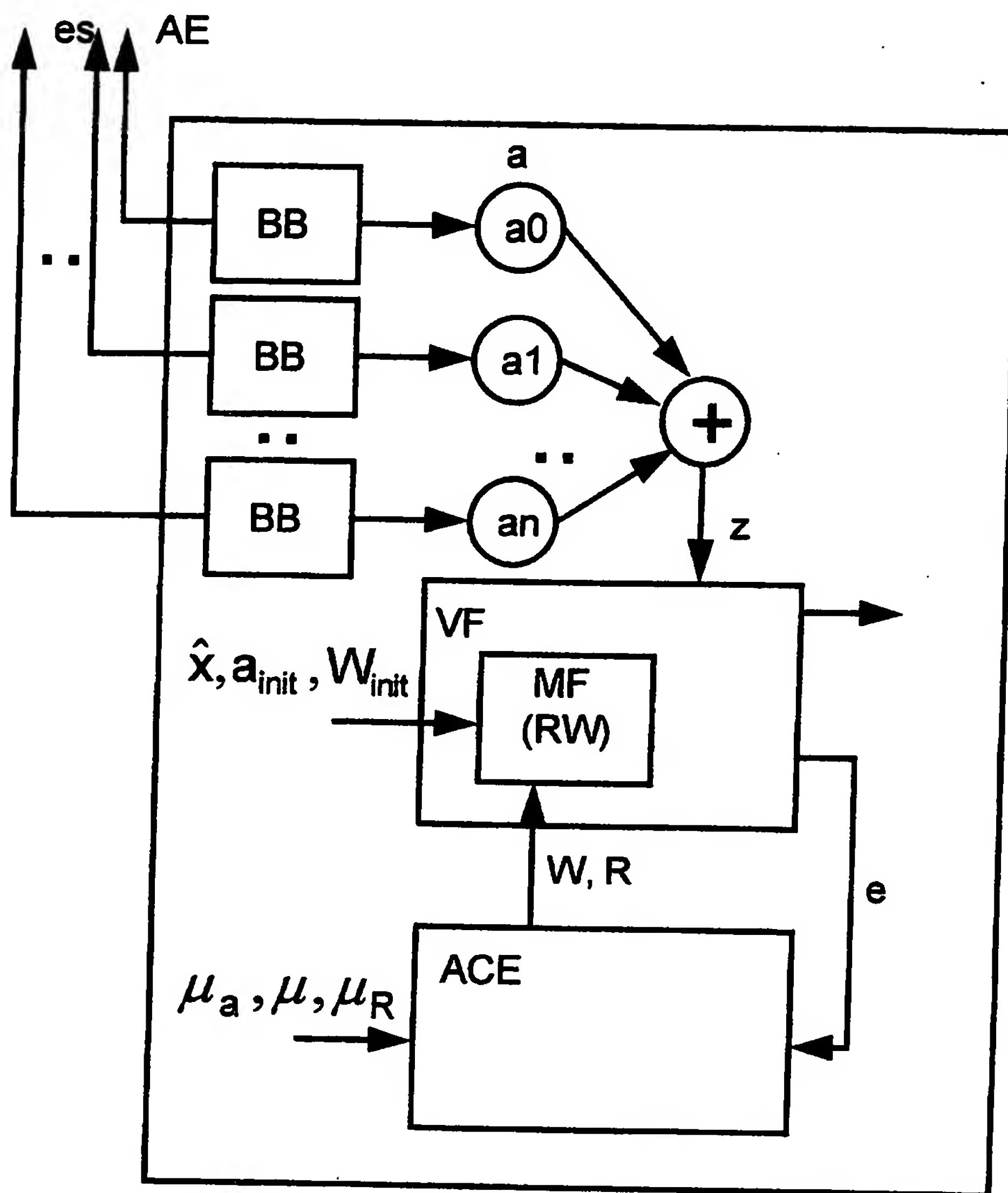




Fig.5

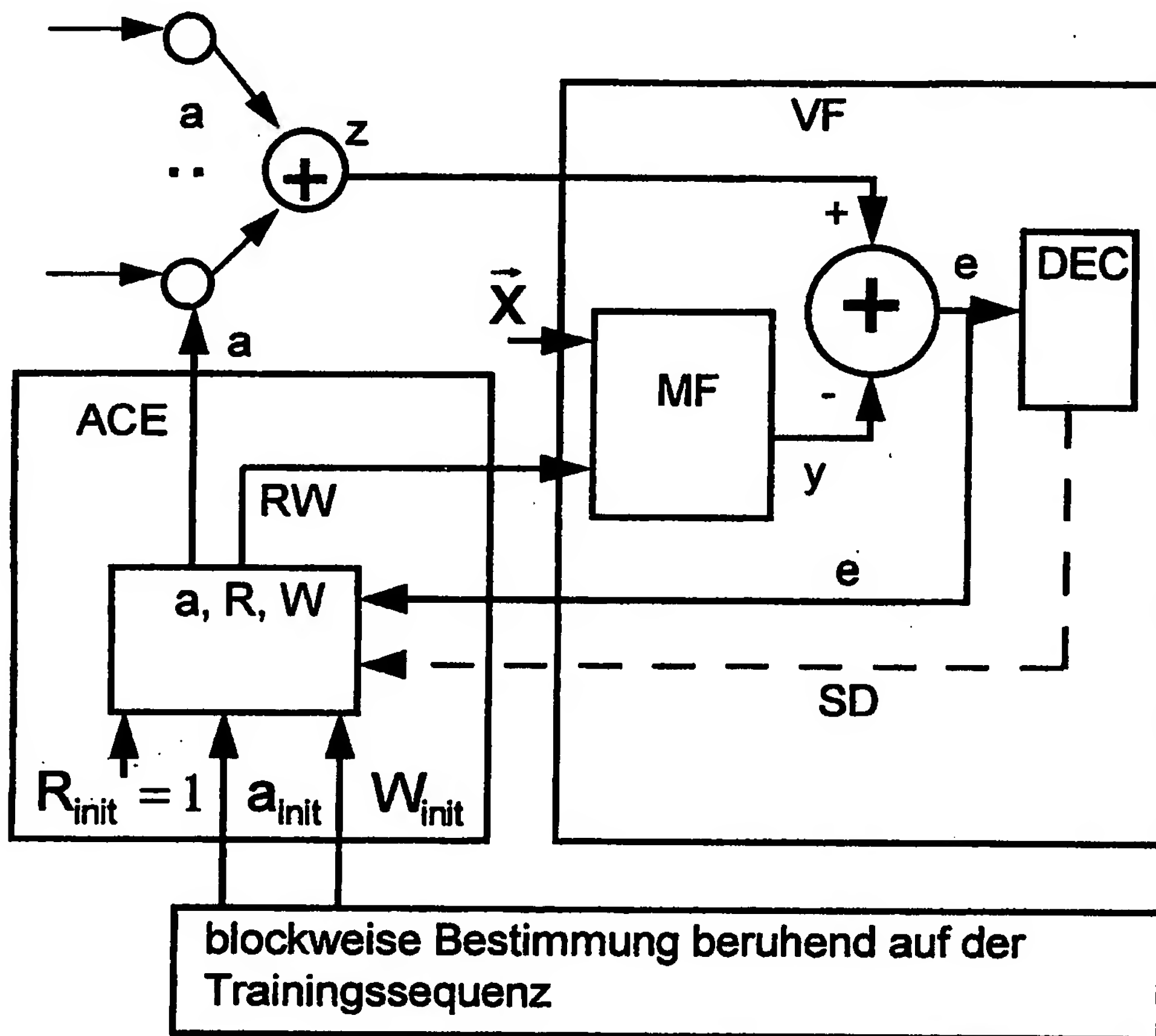


Fig.6

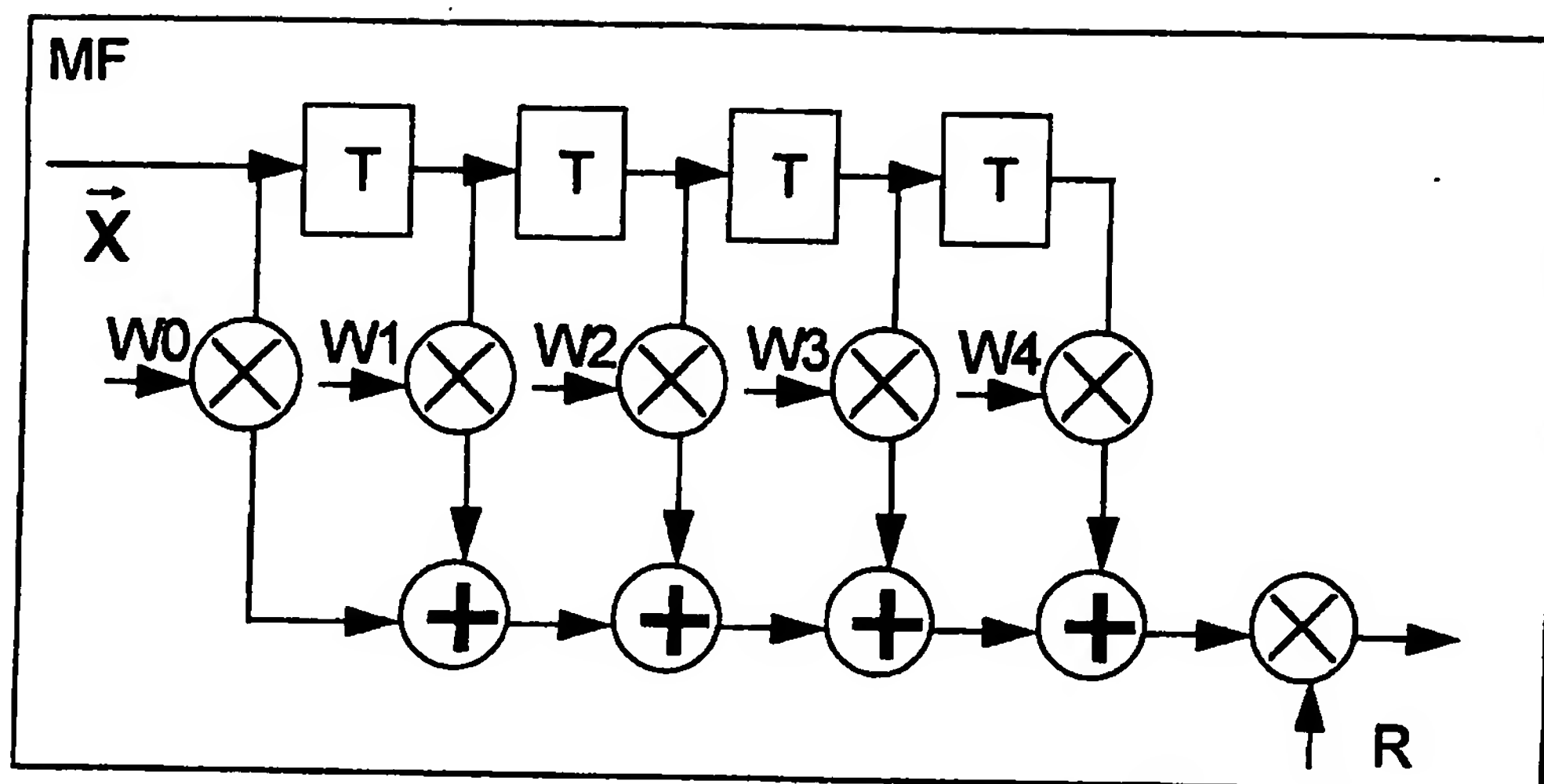


Fig.7

